

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-220846

(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

(51)Int.Cl.⁶

H 02 K 1/27

識別記号

501

F I

H 02 K 1/27

501 A

1/22

1/22

501 M

A

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(21)出願番号

特願平10-21744

(22)出願日

平成10年(1998)2月3日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 菊地 聰

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 小原木 春雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 佐々木 学

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

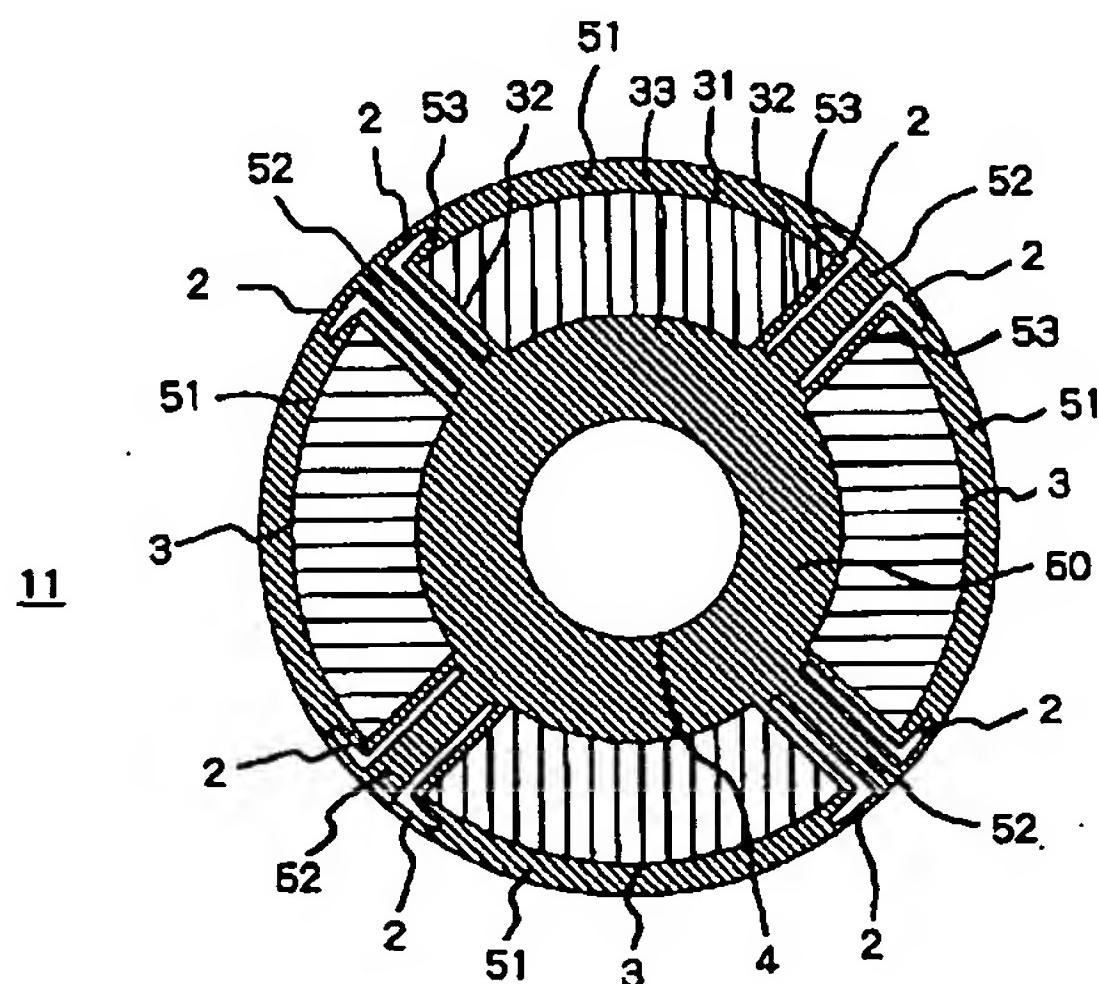
(54)【発明の名称】 磁石回転子およびそれを用いた回転電機

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、主磁束トルクおよびリラクタ
ンストルクを増加できる磁石回転子およびそれを用いた
回転電機を提供する。

【解決手段】磁石回転子1は、シャフト4を取り囲む固
定子鉄心5に4極の永久磁石3を配置したものである。
固定子鉄心5には、永久磁石3の磁石外周側端部31と
磁石隣接側端部32とを囲むように、L字形状スリット
2が設けられている。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】回転子鉄心に複数の永久磁石を備えた磁石回転子において、

前記永久磁石よりも外周側である前記回転子鉄心の外周側鉄心部から、隣り合う前記永久磁石の間である前記回転子鉄心の隣接磁石間鉄心部へ設けられた、磁束が通過する範囲を制限する磁束路制限手段を備えることを特徴とする磁石回転子。

【請求項2】前記磁束路制限手段と前記永久磁石との間に、磁束の通過する磁束通路鉄心部を備えることを特徴とする請求項1の磁石回転子。

【請求項3】回転子鉄心に複数の永久磁石を備えた磁石回転子において、

複数の前記永久磁石のうち第1の永久磁石よりも外周側である前記回転子鉄心の第1の外周側鉄心部から、前記第1の永久磁石と隣り合う第2の永久磁石との間である前記回転子鉄心の隣接磁石間鉄心部へ設けられた、磁束が通過する範囲を制限する第1の磁束路制限手段と、前記第2の永久磁石よりも外周側である前記回転子鉄心の第2の外周側鉄心部から前記隣接磁石間鉄心部へ設けられた第2の磁束路制限手段とを備え、

前記第1の磁束路制限手段と前記第2の磁束路制限手段との間に磁束の通過する隣接磁石間磁束通路鉄心を備えることを特徴とする磁石回転子。

【請求項4】請求項1、請求項2または請求項3に記載の磁石回転子を用いた回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転子鉄心に永久磁石を有する磁石回転子およびそれを用いた回転電機に関する。

【0002】

【従来の技術】磁石回転子を用いた回転電機のトルク特性を改善するためには、主磁束トルクとリラクタンストルクを増加させることが有効である。

【0003】主磁束トルクを増加するためには、ネオジム永久磁石などの高磁束密度磁性材料を用いて永久磁石が発生する磁束を増加させたり、漏れ磁束を減少させたりして主磁束を増加させる方法がある。

【0004】リラクタンストルクを増加するためには、横軸磁束の通路となる鉄心部分を広くしたり、横軸磁束の通路となる鉄心部分を通る永久磁石による漏れ磁束を減らしたりして、電機子巻線による横軸磁束の飽和を抑える方法がある。

【0005】特開平8-251846号は、隣接する永久磁石8の端部間の磁束の短絡を防止するために、永久磁石の両端部に接する空隙を設けることを記載する。

【0006】特開平8-33246号は、回転子鉄心の永久磁石間に、漏れ磁束防止用の抜き穴を設けることを記載する。

【0007】特開平9-247880号は、主磁束トルクとリラクタンストルクとを大きくするために、隣接する永久磁石間に存在する鉄心の幅を、磁石回転子外径と永久磁石間に存在する鉄心の幅よりも大きくすることを記載する。

【0008】特開平9-182331号は、q軸磁束（横軸磁束）の飽和を抑え、リラクタンストルクを利用するためには、回転子鉄心の永久磁石間に、2本のスリット状の漏洩磁束防止穴を平行に設けることを記載する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術は、隣接する永久磁石間を横断する漏れ磁束および永久磁石の上面と下面とを短絡する漏れ磁束を十分に抑制できないので、主磁束トルクとリラクタンストルクを最大限に得ることができない。

【0010】また、上記従来技術の磁石回転子を用いた回転電機を120度通電インバータで運転する場合、最大限に永久磁石の主磁束を利用できない。

【0011】本発明の目的は、主磁束トルクおよびリラクタンストルクを増加できる磁石回転子およびそれを用いた回転電機を提供することにある。

【0012】また、本発明の他の目的は、120度通電インバータで運転する場合に、永久磁石の磁束を最大限に利用できる磁石回転子およびそれを用いた回転電機を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】（請求項1の手段・作用）上記目的を達成する本発明の特徴は、磁束が通過する範囲を制限する磁束路制限手段が、永久磁石よりも外周側である外周側鉄心部から隣り合う永久磁石の間である隣接磁石間鉄心部へ設けられたことにある。

【0014】この特徴によれば、外周側鉄心部の磁束の通路が制限されるので、永久磁石の磁束が隣り合う永久磁石の間で短絡するのを防ぎ、かつ、磁束路制限手段が外周側鉄心部から隣接磁石間鉄心部へ連続して設けられているので、隣接する永久磁石の最端部どうしで磁束が短絡するのを防ぎ、かつ、隣接磁石間鉄心部の磁束の通路が制限されるので、永久磁石の外周側の端部と内周の側端部を短絡するのを防ぎ、漏れ磁束を低減することができる。漏れ磁束が少なくなる分、主磁束が増加し、主磁束トルクを増加することができる。加えて、外周側鉄心部の磁束の通路が制限されるので、電機子巻線による直軸磁束は少なくなり、リラクタンストルクを増加することができる。従って、主磁束トルクおよびリラクタンストルクを増加することができる。

【0015】また、本発明の他の特徴は、磁束路制限手段と永久磁石との間に磁束通路鉄心部を備えることにより、この特徴によれば、永久磁石が回転子鉄心に取り囲まれているので、回転した場合にかかる応力に対して強度が大きく、安定して回転できる。

【0016】また、本発明の他の特徴は、第1の永久磁石よりも外周側である第1の外周側鉄心部から、第1の永久磁石と隣り合う第2の永久磁石との間である隣接磁石間鉄心部へ設けられた第1の磁束路制限手段と、第2の永久磁石よりも外周側である第2の外周側鉄心部から隣接磁石間鉄心部へ設けられた第2の磁束路制限手段とを備え、第1の磁束路制限手段と第2の磁束路制限手段との間に磁束の通過する隣接磁石間磁束通路鉄心を備えることにある。

【0017】この特徴によれば、外周側鉄心部の磁束の通路が制限されるので、永久磁石の磁束が隣り合う永久磁石の間で短絡するのを防ぎ、かつ、磁束路制限手段が外周側鉄心部から隣接磁石間鉄心部へ連続して設けられているので、隣接する永久磁石の最端部どうして磁束が短絡するのを防ぎ、かつ、隣接磁石間鉄心部の磁束の通路が制限されるので、永久磁石の外周側の端部と内周の側端部を短絡するのを防ぎ、漏れ磁束を低減することができる。従って、漏れ磁束が少なくなる分、主磁束が増加し、主磁束トルクを増加することができる。

【0018】加えて、外周側鉄心部の磁束の通路が制限されるので、電機子巻線による直軸磁束 ϕ_d は少なくなり、かつ、隣接磁石間鉄心部では漏れ磁束が少ないのでも、横軸磁束 ϕ_q が通りやすくなっている電機子巻線による横軸磁束 ϕ_q は増加し、リラクタンストルクを増加することができる。主磁束トルクおよびリラクタンストルクを増加することができる。

【0019】また、本発明の磁石回転子を用いた回転電機によれば、永久磁石の主磁束は外周側鉄心部において永久磁石の磁極の中央側に偏って通るので、本発明の磁石回転子を用いた回転電機を120度通電インバータで駆動する場合に、主磁束 ϕ の利用率がよく、電力効率がよく駆動することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】初めに、従来の磁石回転子10における永久磁石3による磁束の流れと電機子巻線による磁束の流れについて説明し、後に、本発明の実施の形態について説明する。

【0021】図11は従来の磁石回転子10の回転シャフト4に垂直な断面図である。磁石回転子10は、シャフト4を取り囲む固定子鉄心5に4極の永久磁石3を配置したものである。固定子鉄心5は、シャフト4と永久磁石3との間の内周側鉄心部50、永久磁石3よりも外周側の外周側鉄心部51、および、隣り合う永久磁石3の間の隣接磁石間鉄心部52に大別される。これらの鉄心部は連結されて、永久磁石3の回りは鉄心で囲まれている。従来の磁石回転子10には、漏れ磁束の通路を制限する手段は設けられていない。

【0022】図12に磁石回転子10における永久磁石3による磁束の流れを示す。永久磁石3は、電機子巻線と作用する主磁束 ϕ 、隣接する永久磁石3と短絡する漏れ磁束 ϕ_1 、および磁石外周側端部31と磁石内周側端部33を短絡する漏れ磁束 ϕ_2 を発生する。

れ磁束 ϕ_1 、および磁石外周側端部31と磁石内周側端部33を短絡する漏れ磁束 ϕ_2 を発生する。従って、永久磁石3が発生する磁束は無駄になり、電機子巻線(図示せず)に向かう主磁束 ϕ が少ない。

【0023】図13に電機子巻線による磁束の流れを示す。磁石回転子10の外周側鉄心部51に直軸磁束 ϕ_d が通り、隣接磁石間鉄心部52に横軸磁束 ϕ_q が通る。このとき、隣接磁石間鉄心部52が漏れ磁束 ϕ_1 および漏れ磁束 ϕ_2 で飽和していると、横軸磁束 ϕ_q が通りにくくなってしまい、横軸磁束 ϕ_q は減少する。

【0024】従って、従来の磁石回転子10は、主磁束トルクおよびリラクタンストルクが最大限に得られない。

【0025】次に、本発明の実施の形態について説明する。

【0026】(実施例1) 本発明の第1の実施例である磁石回転子11を図1に示す。図1は、磁石回転子11のシャフト4に垂直な断面図である。

【0027】本実施例の磁石回転子11は、シャフト4を取り囲む固定子鉄心5に4極の永久磁石3を配置したものである。固定子鉄心5は、シャフト4と永久磁石3との間の内周側鉄心部50、永久磁石3よりも外周側の外周側鉄心部51、および、隣り合う永久磁石3の間の隣接磁石間鉄心部52に大別される。これらの鉄心部は連結されて、永久磁石3の回りは鉄心で囲まれている。

【0028】また、固定子鉄心5には、永久磁石3の磁石外周側端部31と磁石隣接側端部32とを囲むように、L字形状スリット2が設けられている。L字形状スリット2は永久磁石3との間に磁束の通過する磁束通路鉄心部53において配置されている。

【0029】永久磁石3は、固定子鉄心5に打ち抜かれた磁石装着用スロット6に挿入されている。本実施例では、永久磁石3の端部について、磁石回転子11の外周側の端部を磁石外周側端部31、隣接する永久磁石3と向かい合う側の端部を磁石隣接側端部32、シャフト4側の端部を磁石内周側端部33と称する。

【0030】L字形状スリット2は固定子鉄心5よりも透磁率が低いので、磁石回転子11における永久磁石3による磁束の流れおよび電機子巻線による磁束の流れを制限している。

【0031】まず、永久磁石3による磁束の流れを説明する。図2に永久磁石3による磁束の流れを示す。永久磁石3は、電機子巻線と作用する主磁束 ϕ 、隣接する永久磁石3と短絡する漏れ磁束 ϕ_1 、および磁石外周側端部31と磁石内周側端部33を短絡する漏れ磁束 ϕ_2 を発生する。

【0032】L字形状スリット2によって外周側鉄心部51の磁束の通路が制限されるので、L字形状スリット2を設けない場合に比べて、漏れ磁束 ϕ_1 は少なくなる。特に、L字形状スリット2は永久磁石3の角を囲ん

で配置されているから、隣接する永久磁石3の最端部どうして磁束が短絡するのを防ぐので、より漏れ磁束 ϕ_1 を低減することができる。

【0033】また、L字形状スリット2によって隣接磁石間鉄心部52の磁束の通路が制限されて、漏れ磁束 ϕ_2 は磁束通路鉄心部53を通るので、L字形状スリット2を設けない場合に比べて、漏れ磁束 ϕ_2 は少なくなる。

【0034】従って、漏れ磁束 ϕ_1 および漏れ磁束 ϕ_2 が少なくなるので、その分主磁束 ϕ_m が増加し、主磁束トルクを増加することができる。

【0035】L字形状スリット2に近い永久磁石3の主磁束 ϕ_m は、外周側鉄心部51を永久磁石3の磁極の中央側に偏って通るので、本実施例の磁石回転子11を用いた回転電機を120度通電インバータで駆動する場合に、主磁束 ϕ_m の利用率がよい。次に、電機子巻線による磁束の流れを説明する。図3に電機子巻線(図示せず)による磁束の流れを示す。磁石回転子11には、電機子巻線(図示せず)による直軸磁束 ϕ_d と横軸磁束 ϕ_q が通過する。

【0036】L字形状スリット2によって外周側鉄心部51の磁束の通路が制限されるので、L字形状スリット2を設けない場合に比べて、直軸磁束 ϕ_d は少なくなる。

【0037】また、隣接磁石間鉄心部52では漏れ磁束 ϕ_2 が少ないので、横軸磁束 ϕ_q が通りやすくなり、L字形状スリット2を設けない場合に比べて、横軸磁束 ϕ_q は増加する。

【0038】従って、リラクタンストルクは($\phi_q - \phi_d$)に比例するから、L字形状スリット2を設けない場合に比べて、リラクタンストルクを増加することができる。

【0039】本発明の磁石回転子11によれば、上述したように、L字形状スリット2を設けたので、主磁束トルクおよびリラクタンストルクを増加することができる。

【0040】また、L字形状スリット2を設けたので、主磁束 ϕ_m は、外周側鉄心部51を永久磁石3の磁極の中央側に偏って通るので、本実施例の磁石回転子11を用いた回転電機を120度通電インバータで駆動する場合に、主磁束 ϕ_m の利用率がよく、電力効率がよく駆動することができる。

【0041】本実施例では、永久磁石3とL字形状スリット2の間に磁束通路鉄心部53を設けたが、磁束通路鉄心部53を設けずに、永久磁石3の磁石外周側端部31と磁石隣接側端部32にL字形状の隙間を設けてよい。この場合も、本実施例と同様の作用効果が得られるが、本実施例のように磁束通路鉄心部53を設けた磁石回転子11の方が、永久磁石3が固定子鉄心5に取り囲まれているので、回転した場合にかかる応力に対して強

度が大きく、安定して回転できる。

【0042】本実施例では、アーチ型の永久磁石3を固定子鉄心5に配置した場合を説明したが、図4に示すようなD形永久磁石7を用いてもよい。この場合、アーチ型よりも漏れ磁束 ϕ_2 が発生しやすいので、隣接磁石間鉄心部52においてL字形状スリットを永久磁石3の磁石内周側端部33まで伸ばすとよい。D形永久磁石7はアーチ型の永久磁石3よりも永久磁石の体積が大きいので、その分、主磁束 ϕ_m が増加する。

【0043】また、図5に示すように、矩形永久磁石8を用いても、本実施例と同様の作用効果が得られる。

【0044】また、本実施例では、L字形状スリット2を空隙にしたが、L字形状スリット2の部分が固定子鉄心5よりも透磁率が低くなれば、樹脂を充填しても、空隙であってもよい。

【0045】(実施例2) 本発明の第2の実施例である磁石回転子12を図6に示す。図6は、磁石回転子12のシャフト4に垂直な断面図である。

【0046】本実施例の磁石回転子12は、前述した第1の実施例のL字形状スリット2(図1参照)の代わりに、T字形抜き穴21を設けたものである。

【0047】第1の実施例と同様に、T字形抜き穴21は固定子鉄心5よりも透磁率が低いので、磁石回転子12における永久磁石3による磁束の流れおよび電機子巻線による磁束の流れを制限している。

【0048】まず、永久磁石3による磁束の流れを説明する。図7に永久磁石3による磁束の流れを示す。第1の実施例と同様に、T字形抜き穴21によって外周側鉄心部51の磁束の通路が制限されるので、T字形抜き穴21を設けない場合に比べて、漏れ磁束 ϕ_1 は少なくなる。特に、T字形抜き穴21は永久磁石3の角を囲んで配置されているから、隣接する永久磁石3の最端部どうして磁束が短絡するのを防ぐので、より漏れ磁束 ϕ_1 を低減することができる。また、T字形抜き穴21によって隣接する磁石間の磁束の通路が制限されて、漏れ磁束 ϕ_2 は磁束通路鉄心部53を通るので、T字形抜き穴21を設けない場合に比べて、漏れ磁束 ϕ_2 は少なくなる。

【0049】従って、第1の実施例と同様に、漏れ磁束 ϕ_1 および漏れ磁束 ϕ_2 が少なくなるので、その分主磁束 ϕ_m が増加し、主磁束トルクを増加することができる。

【0050】また、T字形抜き穴21に近い永久磁石3の主磁束 ϕ_m は、外周側鉄心部51を永久磁石3の磁極の中央側に偏って通るので、本実施例の磁石回転子12を用いた回転電機を120度通電インバータで駆動する場合に、主磁束 ϕ_m の利用率がよい。

【0051】次に、電機子巻線による磁束の流れを説明する。図8に電機子巻線(図示せず)による磁束の流れを示す。第1の実施例と同様に、T字形抜き穴21によって外周側鉄心部51の磁束の通路が制限されるので、T

字形抜き穴21を設けない場合に比べて、直軸磁束 ϕ_d は少なくなる。

【0052】しかし、隣接する磁石間では、T字形抜き穴21によって、横軸磁束 ϕ_q が通りにくいので、横軸磁束 ϕ_q はかなり少ない。従って、横軸磁束 ϕ_q によるリラクタンストルクは少ない。

【0053】従って、本実施例の磁石回転子12によれば、T字形抜き穴21を設けたので、リラクタンストルクは小さいが、主磁束トルクを増加することができる。

【0054】また、T字形抜き穴21を設けたので、主磁束 ϕ_b は、外周側鉄心部51を永久磁石3の磁極の中央側に偏って通るので、本実施例の磁石回転子11を用いた回転電機を120度通電インバータで駆動する場合に、主磁束 ϕ_b の利用率がよく、電力効率がよく駆動することができる。

【0055】本実施例の磁石回転子11は、大きなりラクタンストルクを必要としない回転電機に用いるのに適している。

【0056】また、隣接する永久磁石3に接してT字形状に隙間を設けても、本実施例と同様の作用効果が得られるが、磁束通路鉄心部53を設けた磁石回転子の方が、永久磁石3が固定子鉄心5に取り囲まれているので、回転した場合にかかる応力に対して強度が大きく、安定して回転できる。

【0057】また、第1の実施例で説明したように、図9に示すようなD形永久磁石7を用いてもよい。この場合も、アーチ型よりも漏れ磁束 ϕ_2 が発生しやすいので、隣接磁石間鉄心部52においてL字形状スリットを永久磁石3の磁石内周側端部33まで伸ばすとよい。D形永久磁石7はアーチ型の永久磁石3よりも永久磁石の体積が大きいので、その分、主磁束 ϕ_b が増加する。

【0058】また、図10に示すように、矩形永久磁石8を用いても、本実施例と同様の作用効果が得られる。

【0059】また、本実施例では、T字形抜き穴21を空隙にしたが、T字形抜き穴21の部分が固定子鉄心5よりも透磁率が低くなれば、樹脂を充填しても、空隙であってもよい。

【0060】

【発明の効果】本発明によれば、外周側鉄心部および隣接磁石間鉄心部の磁束の通路が制限されるので、漏れ磁束を低減することができる。漏れ磁束が少なくなる分、主磁束が増加し、主磁束トルクを増加することができる。加えて、外周側鉄心部の磁束の通路が制限されるので、電機子巻線による直軸磁束は少なくなり、リラクタンストルクを増加することができる。従って、主磁束トルクおよびリラクタンストルクを増加することができる。

【0061】また、本発明によれば、永久磁石が回転子鉄心に取り囲まれているので、回転した場合にかかる応力に対して強度が大きく、安定して回転できる。

【0062】また、本発明によれば、外周側鉄心部および隣接磁石間鉄心部の磁束の通路が制限されるので、漏れ磁束を低減することができる。漏れ磁束が少なくなる分、主磁束が増加し、主磁束トルクを増加することができる。加えて、外周側鉄心部の磁束の通路が制限されるので、電機子巻線による直軸磁束 ϕ_d は少くなり、かつ、隣接磁石間鉄心部では横軸磁束 ϕ_q が通りやすくなっている電機子巻線による横軸磁束 ϕ_q は増加し、リラクタンストルクを増加することができる。従って、主磁束トルクおよびリラクタンストルクを増加することができる。

【0063】また、本発明の磁石回転子を用いた回転電機によれば、永久磁石の主磁束は外周側鉄心部において永久磁石の磁極の中央側に偏って通るので、本発明の磁石回転子を用いた回転電機を120度通電インバータで駆動する場合に、主磁束 ϕ_b の利用率がよく、電力効率がよく駆動することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の第1の実施例の磁石回転子11の断面図である。

【図2】図2は磁石回転子11における永久磁石3による磁束の流れを示す図である。

【図3】図3は磁石回転子11における電機子巻線による磁束の流れを示す図である。

【図4】図4はD形永久磁石7を用いた磁石回転子11の断面図である。

【図5】図5は矩形永久磁石8を用いた磁石回転子11の断面図である。

【図6】図6は本発明の第2の実施例の磁石回転子12の断面図である。

【図7】図7は磁石回転子12における永久磁石3による磁束の流れを示す図である。

【図8】図8は磁石回転子12における電機子巻線による磁束の流れを示す図である。

【図9】図9はD形永久磁石7を用いた磁石回転子12の断面図である。

【図10】図10は矩形永久磁石8を用いた磁石回転子12の断面図である。

【図11】図11は従来の磁石回転子10の断面図である。

【図12】図12は磁石回転子10における永久磁石3による磁束の流れを示す図である。

【図13】図13は磁石回転子10における電機子巻線による磁束の流れを示す図である。

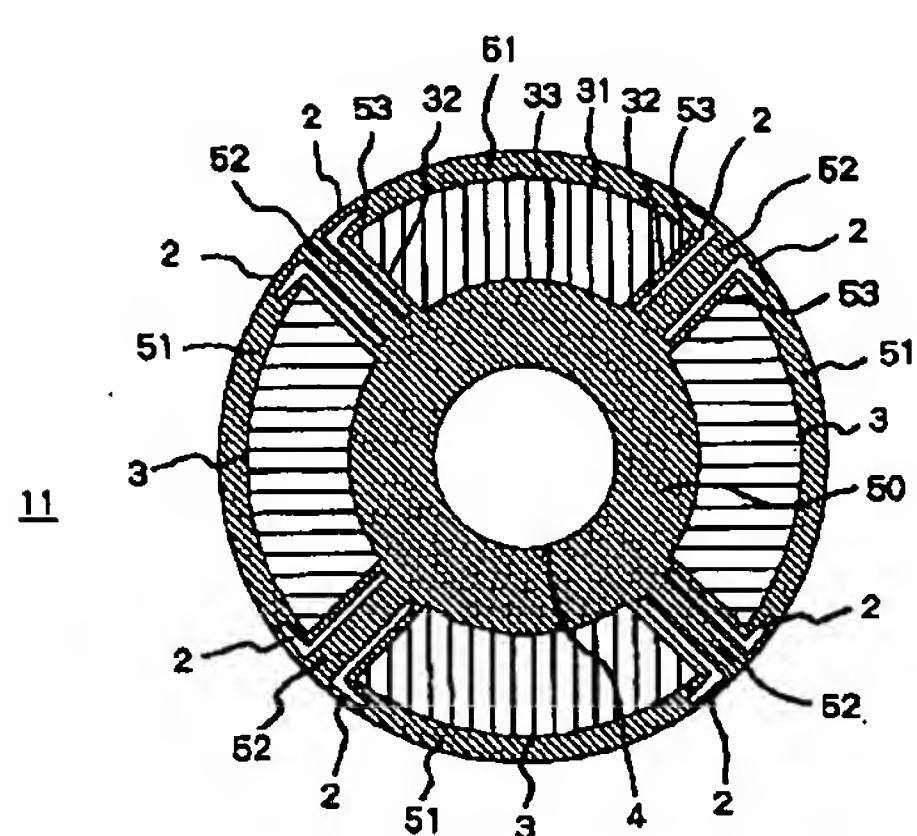
【符号の説明】

2…L字形状スリット、3…永久磁石、4…シャフト、5…回転子鉄心、6…磁石装着用スロット、7…D形永久磁石、8…矩形永久磁石、10, 11, 12…磁石回転子、21…T字形抜き穴、31…磁石外周側端部、32…磁石隣接側端部、33…磁石内周側端部、50…内

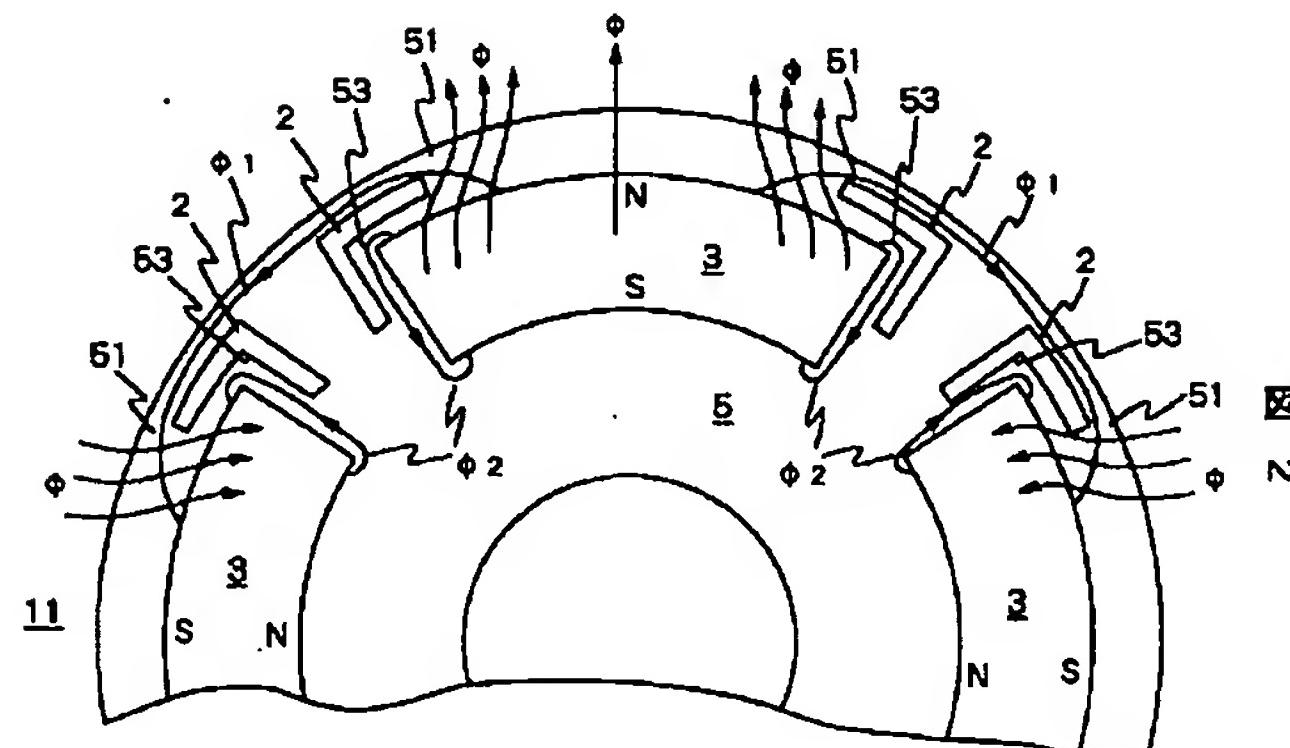
周側鉄心部、51…外周側鉄心部、52…隣接磁石間鉄
心部、53…磁束通路鉄心部。

【図1】

図1

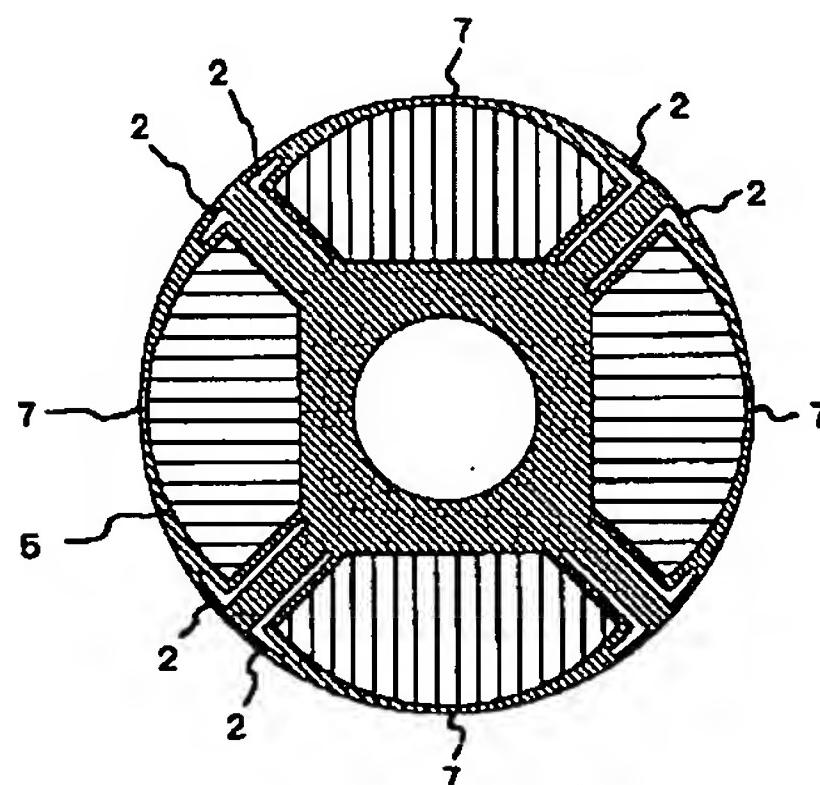
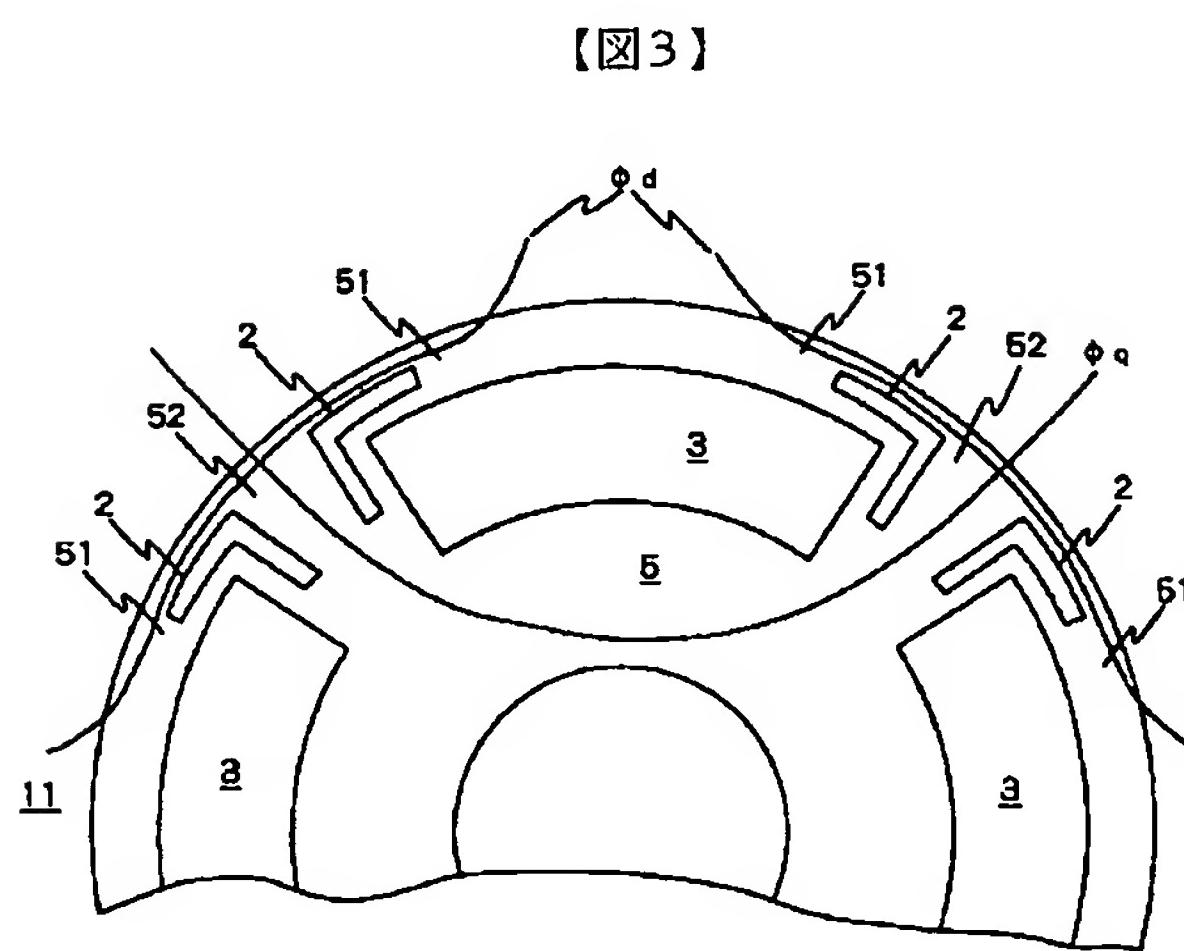


【図2】



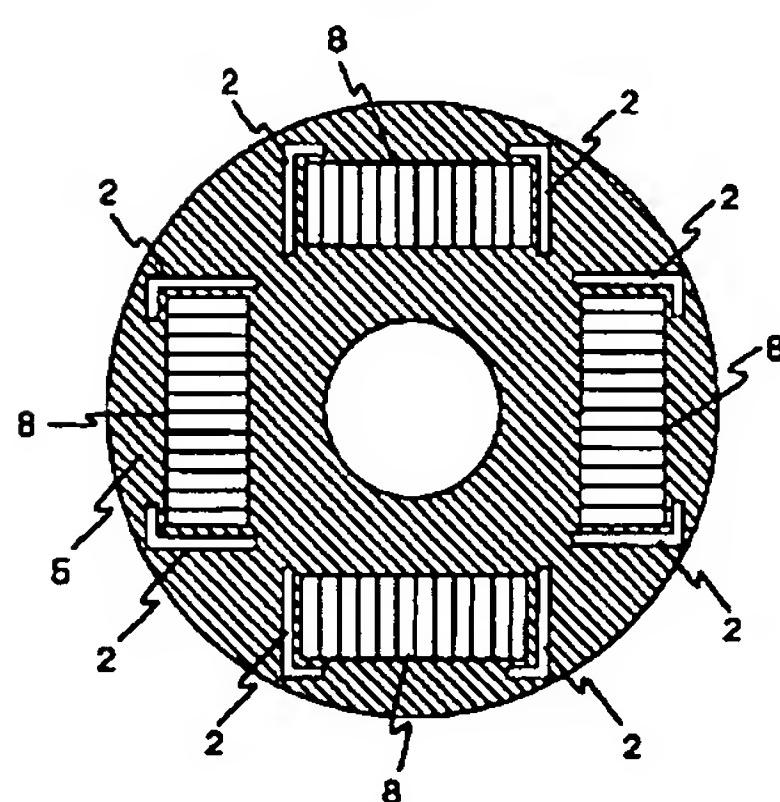
【図4】

図4



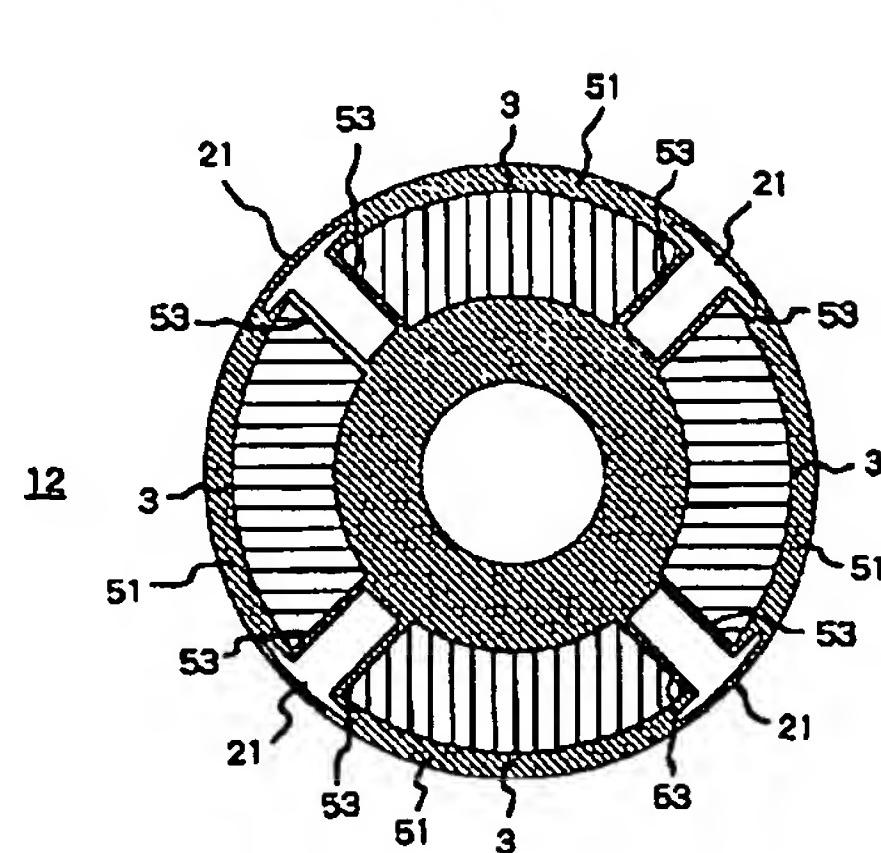
【図5】

図5

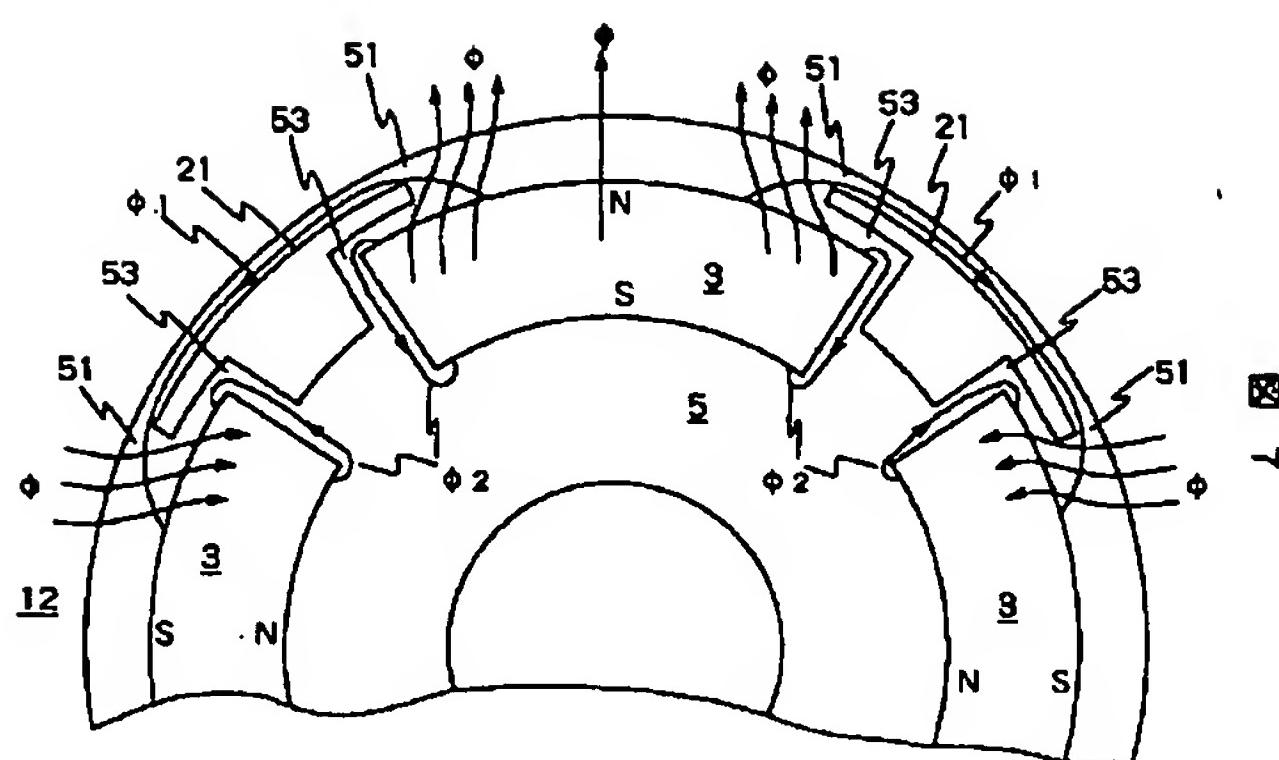


【図6】

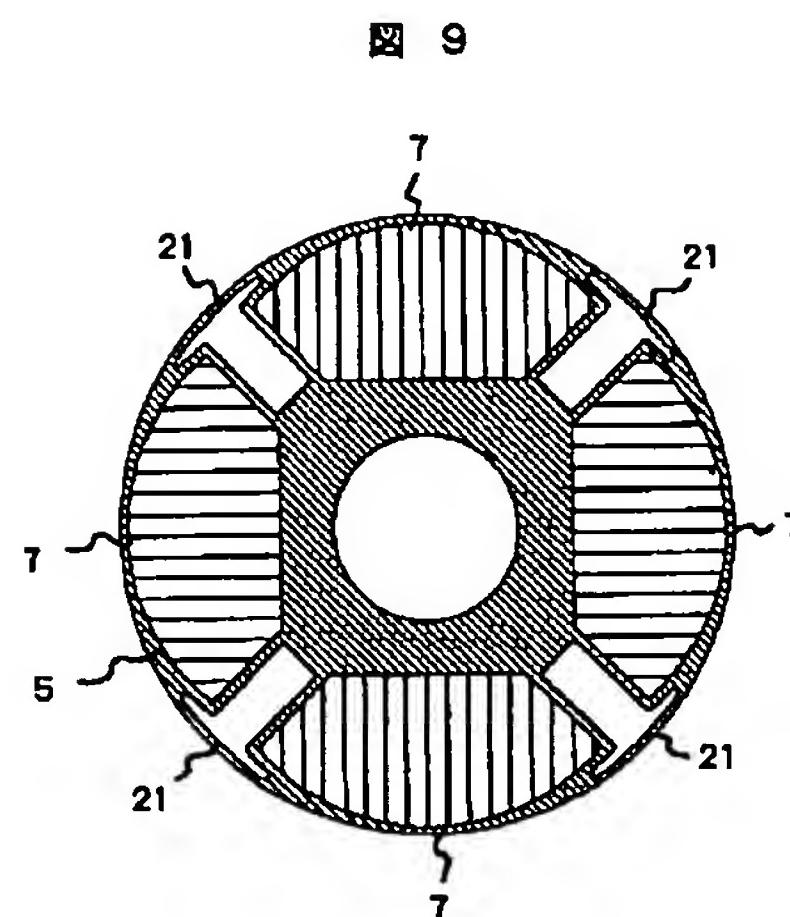
図6



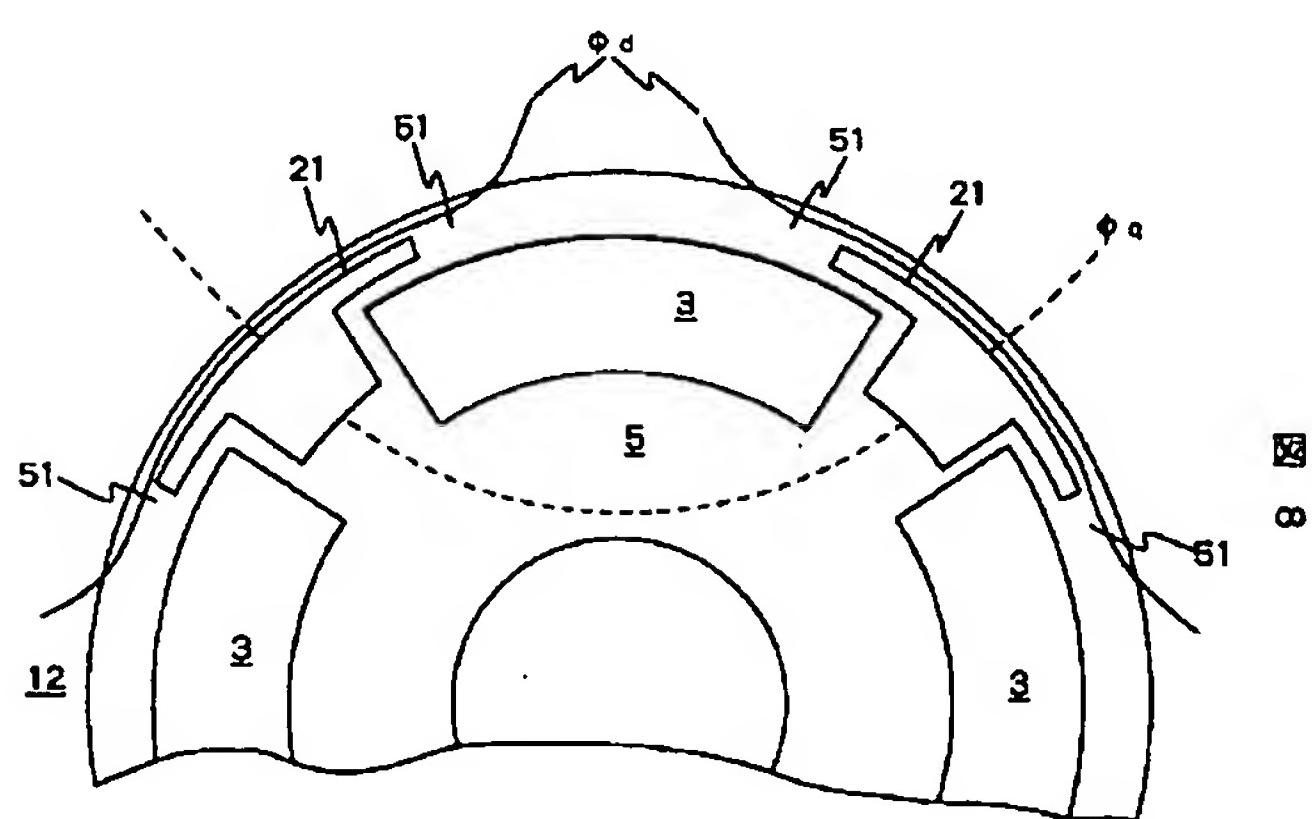
【図7】



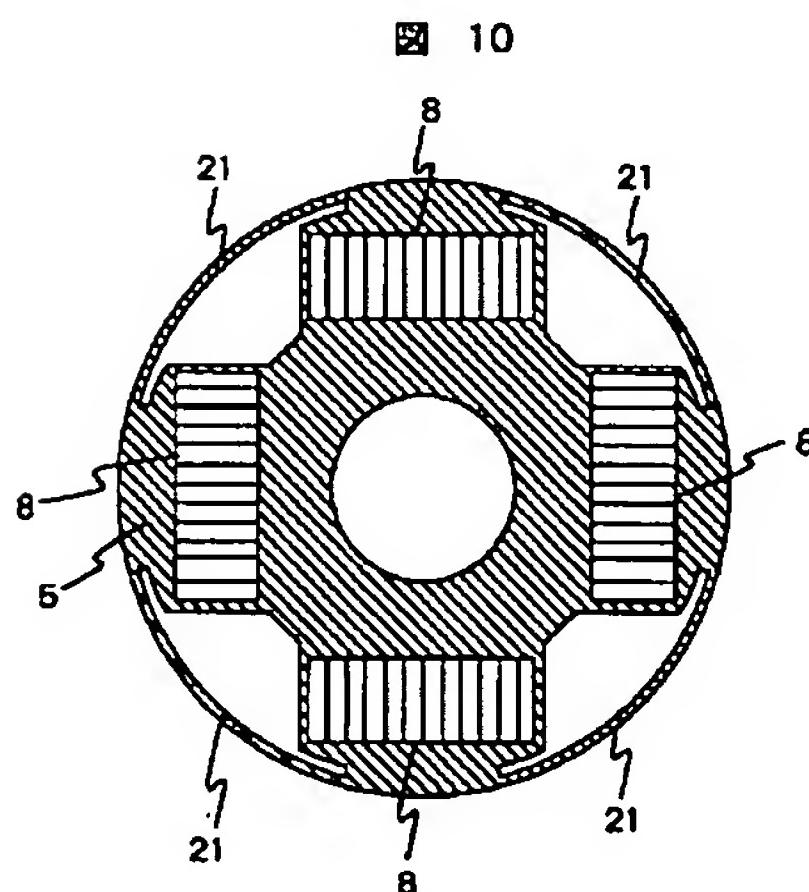
【図9】



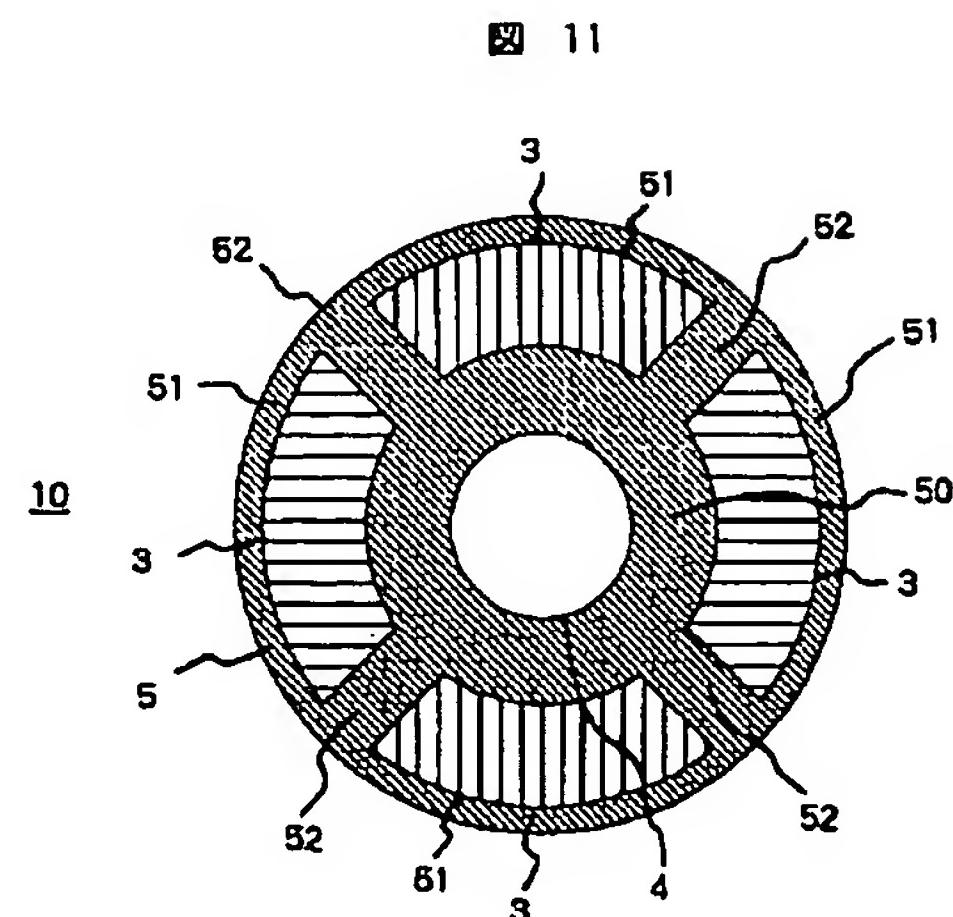
【図8】



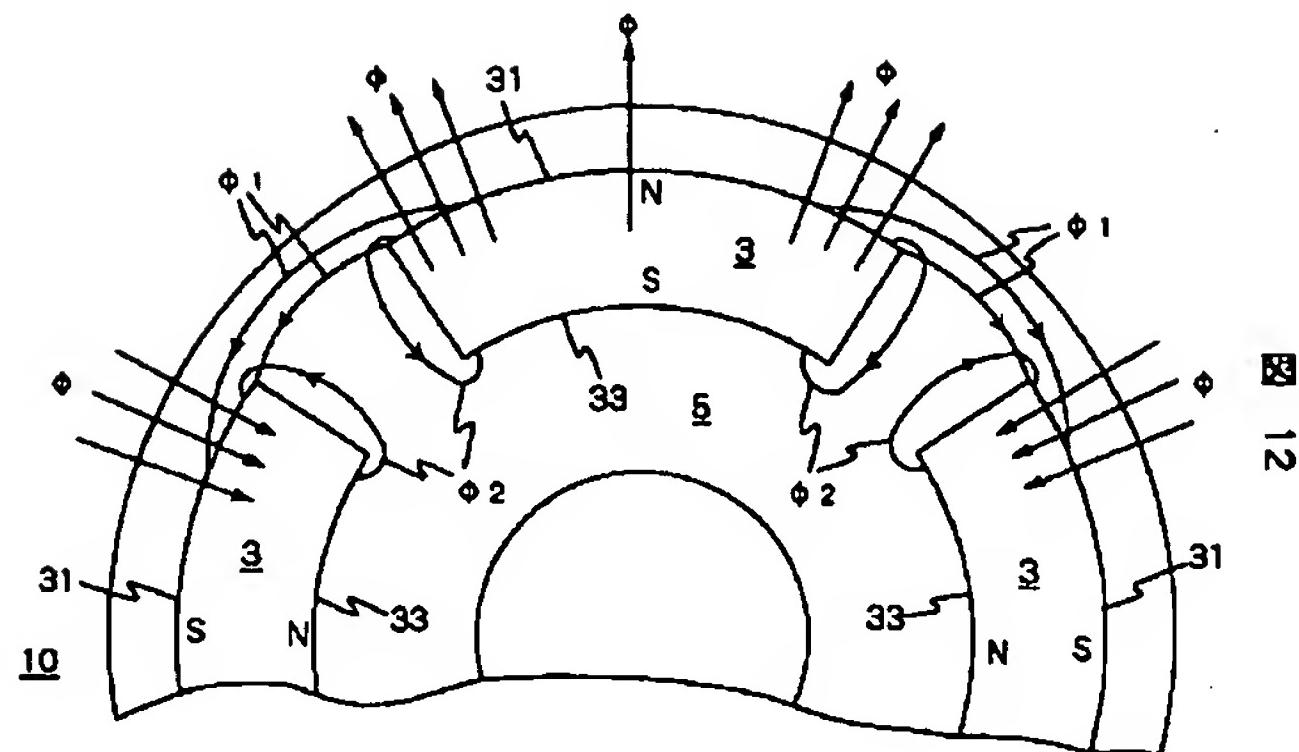
【図10】



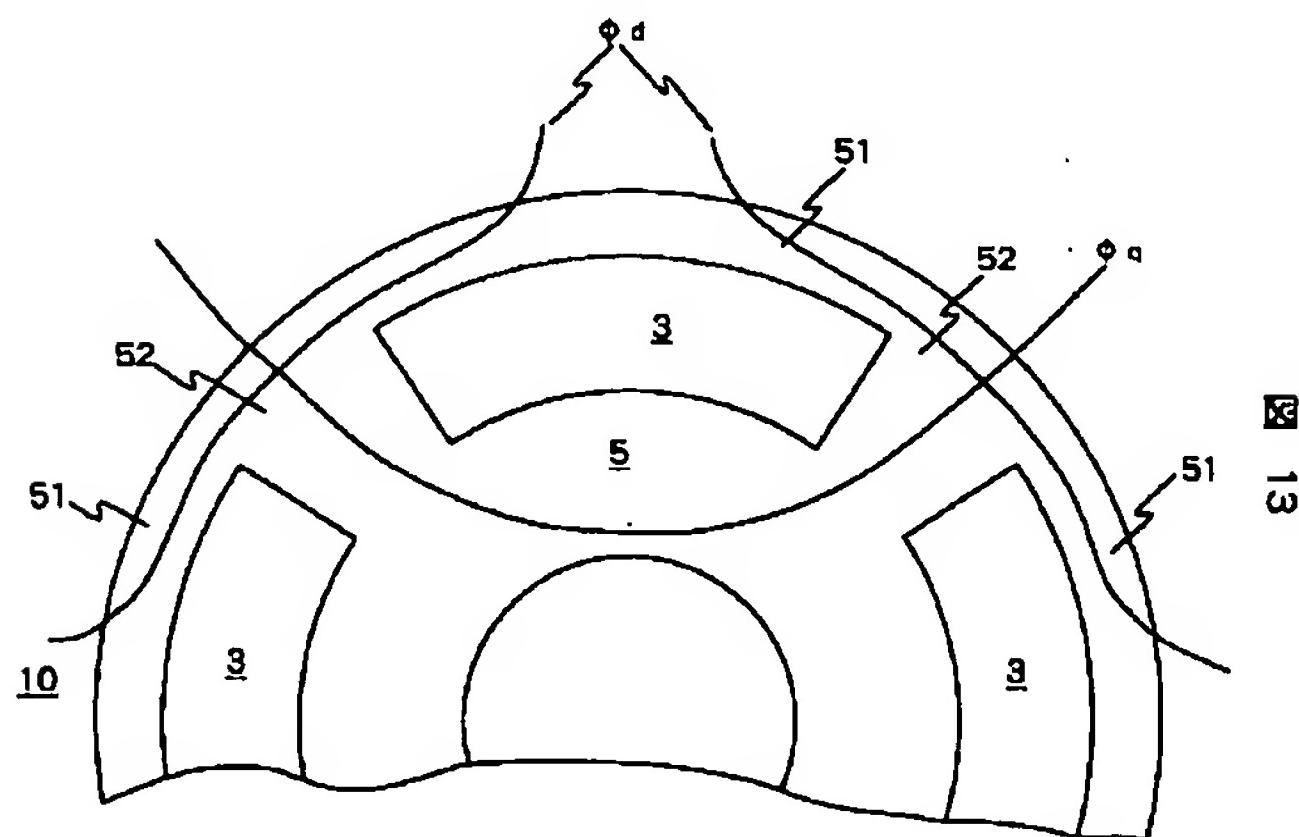
【図11】



【図12】

図
12

【図13】

図
13

フロントページの続き

(72)発明者 金 弘中

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 田原 和雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 野間 啓二

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立製作所産業機器事業部内

(72)発明者 妹尾 正治

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立製作所産業機器事業部内

(72)発明者 佐藤 和雄

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立製作所産業機器事業部内